

Recent Studies of Optical Limiting, Image Processing and Near-Infrared Nonlinear Optics with Nematic Liquid Crystals

I. C. Khoo, J. Ding, A. Diaz, Y. Zhang, K. Chen

Przegląd artykułu przez
Mikołaja Olszewskiego

Plan prezentacji

- **Wstęp**
- Mechanizmy zmiany współczynnika załamania
- Porównanie z urządzeniami optoelektronicznymi
- Optyczne ograniczenie
- Wykrywanie krawędzi
- Optyczna nieliniowość dla $1,55 \mu\text{m}$
- Podsumowanie

Zawartość

- Mechanizmy optycznej zmiany współczynnika załamania w NLCs
- Zastosowanie w optycznym ograniczeniu i przetwarzaniu obrazów
- Optyczna nieliniowość w NLCs dla III okna transmisyjnego
- Zastosowanie niewielkich mocy i cienkich materiałów

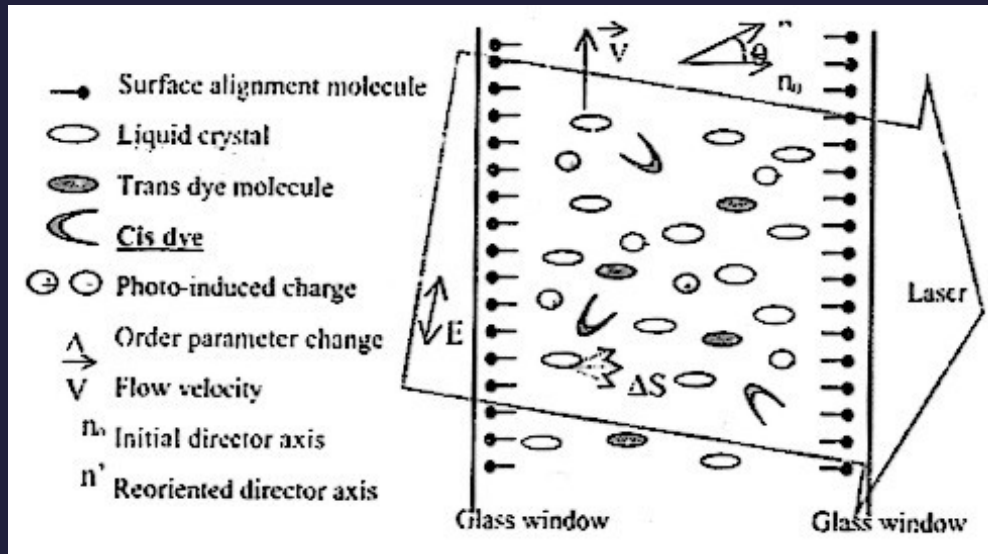
Zastosowania NLCs

- Unikalna charakterystyka:
 - Reorientacja pod wpływem zewnętrznego pola
 - Szerokopasmowa dwójłomność i przezroczystość
- Wszechstronne zastosowania
- Wielka nieliniowość – małe moce laserów
 - Konwersja obrazów
 - Formowanie solitonów
 - Fourierowskie przetwarzanie obrazów
 - Całkowicie optyczne przełączanie polaryzacyjne
 - Optyczne ograniczenie

Plan prezentacji

- Wstęp
- **Mechanizmy zmiany współczynnika załamania**
- Porównanie z urządzeniami optoelektronicznymi
- Optyczne ograniczenie
- Wykrywanie krawędzi
- Optyczna nieliniowość dla $1,55 \mu\text{m}$
- Podsumowanie

Zmiana directora



$$\mu \frac{d^2\theta}{dt^2} + \gamma_1 \frac{d\theta}{dt} + M_{el} + M_f = \Gamma_{appl}$$

- Oświetlenie materiału
- Kilka równoczesnych procesów

Procesy

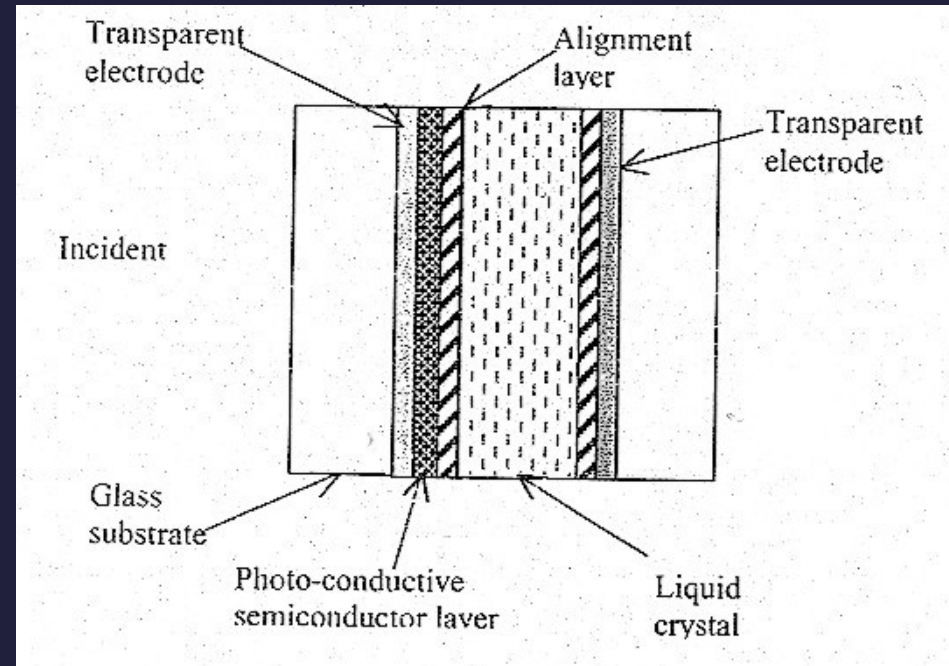
- Czysty, nieabsorbujący nematyk
 - $\Gamma_{opt} = (\Delta\varepsilon/8\pi)(\hat{n} \cdot E^*)(\hat{n} \times E)$
- Domieszkowany barwnikiem (czerwień metylowa)
 - $\Gamma_{mole} = \zeta\Gamma_{opt} \quad \zeta \leq 100$
 - Międzycząsteczkowe oddziaływania
 - Super-nieliniowość $n_2 \approx 10 \text{ cm}^2/\text{W}$
- Domieszkowany związkami produkującymi fotoładunki (fulleren C^{60})
 - $\Gamma_{dc} = (\Delta\varepsilon_{dc}/8\pi)(\hat{n} \cdot E_{int}^*)(\hat{n} \times E_{int})$
 - Pole ładunku przestrzennego – procesy elektrodynamiczne

Plan prezentacji

- Wstęp
- Mechanizmy zmiany współczynnika załamania
- **Porównanie z urządzeniami optoelektronicznymi**
- Optyczne ograniczenie
- Wykrywanie krawędzi
- Optyczna nieliniowość dla $1,55 \mu\text{m}$
- Podsumowanie

OA-LCSLM

- Działanie przy niskich natężeniach
- Optically Addressed Liquid Crystal Spatial Light Modulator
- Rozkład światła -> rozkład ładunku
- Zmiana fazy o π przy $0,5 \text{ mW} / \text{cm}^2$
- $n_2 \approx 10 \text{ cm}^2 / \text{W}$



Porównanie

- Podobna super-nieliniowość
- Kosztowność OA-LCSLM
- Ograniczenie do 2D przetwarzania obrazów
- Niepotrzebne elektrody dla NLCs
- Tanie domieszkowanie
- Szerokie zastosowania
 - Przetwarzanie w czasie rzeczywistym
 - Elementy nieliniowe

Plan prezentacji

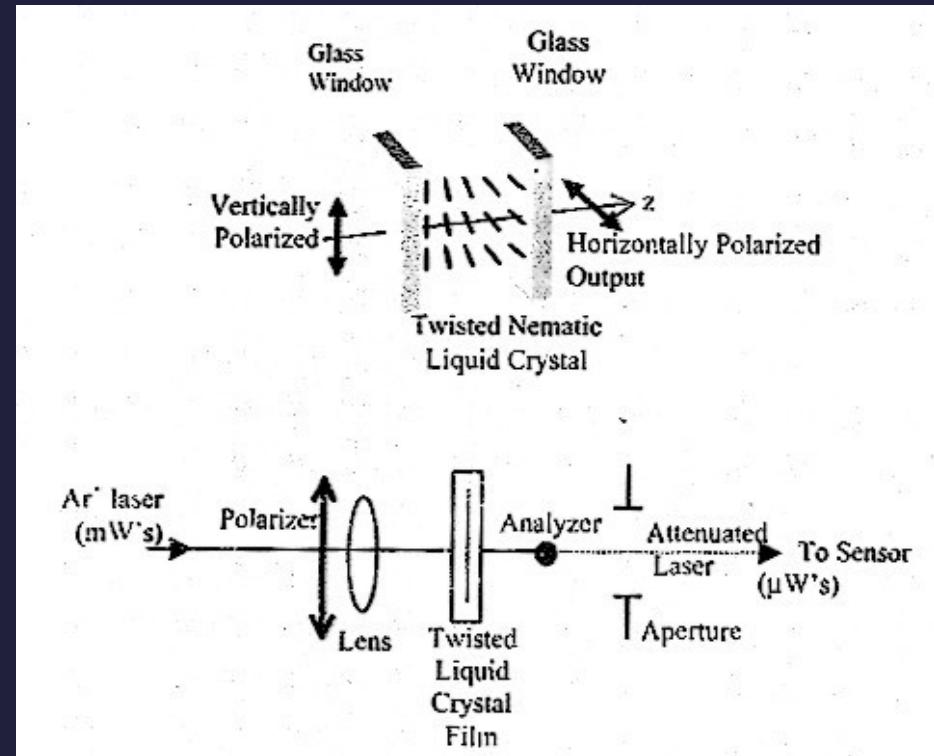
- Wstęp
- Mechanizmy zmiany współczynnika załamania
- Porównanie z urządzeniami optoelektronicznymi
- **Optyczne ograniczenie**
- Wykrywanie krawędzi
- Optyczna nieliniowość dla $1,55 \mu\text{m}$
- Podsumowanie

Optyczne ograniczenie

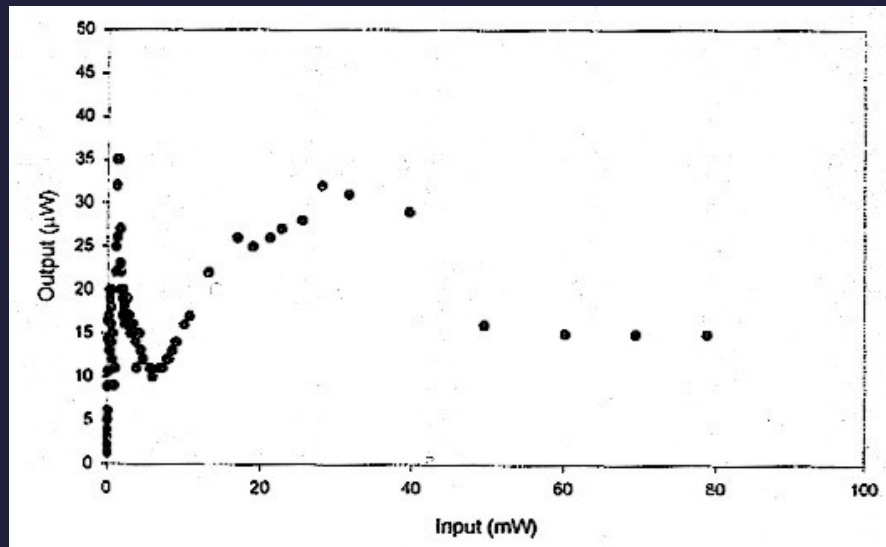
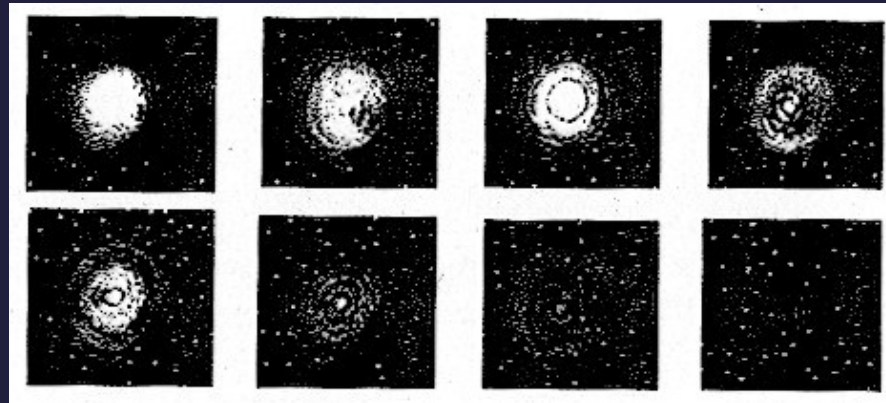
- Ograniczenie mocy wyjściowej
- Mechanizmy:
 - samo-rozogniskowanie
 - nieliniowa absorpcja
 - nieliniowe rozpraszanie
- Duża zależność od natężenia światła
- Nieefektywność dla małych mocy

Ograniczanie z NLCs

- Duży zakres dynamiki
- Małe moce –
adiabatyczna zmiana polaryzacji – całkowite przejście światła
- Duże moce –
reorientacja directora –
zmniejszenie mocy przez skrzyżowane polaryzatory



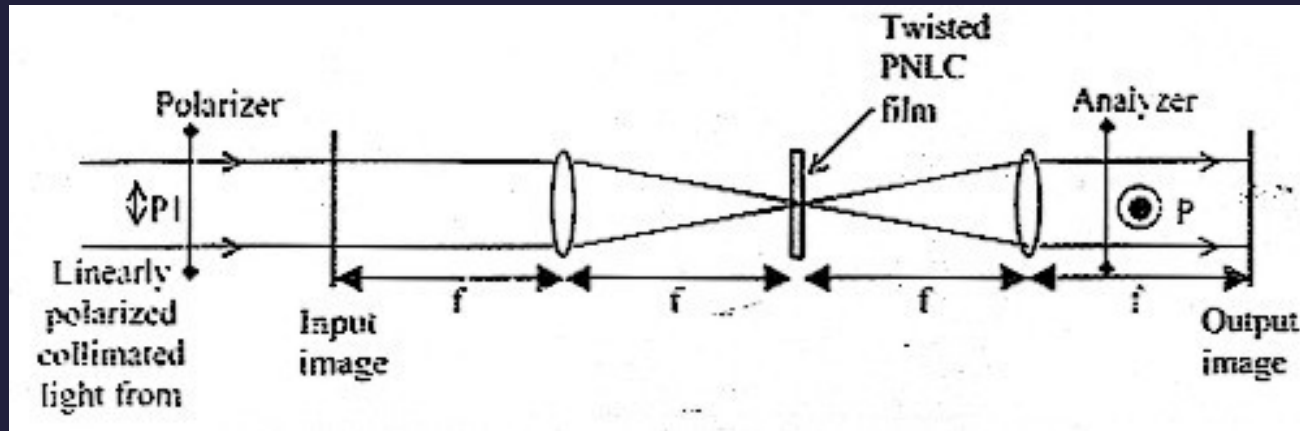
Wyniki



Plan prezentacji

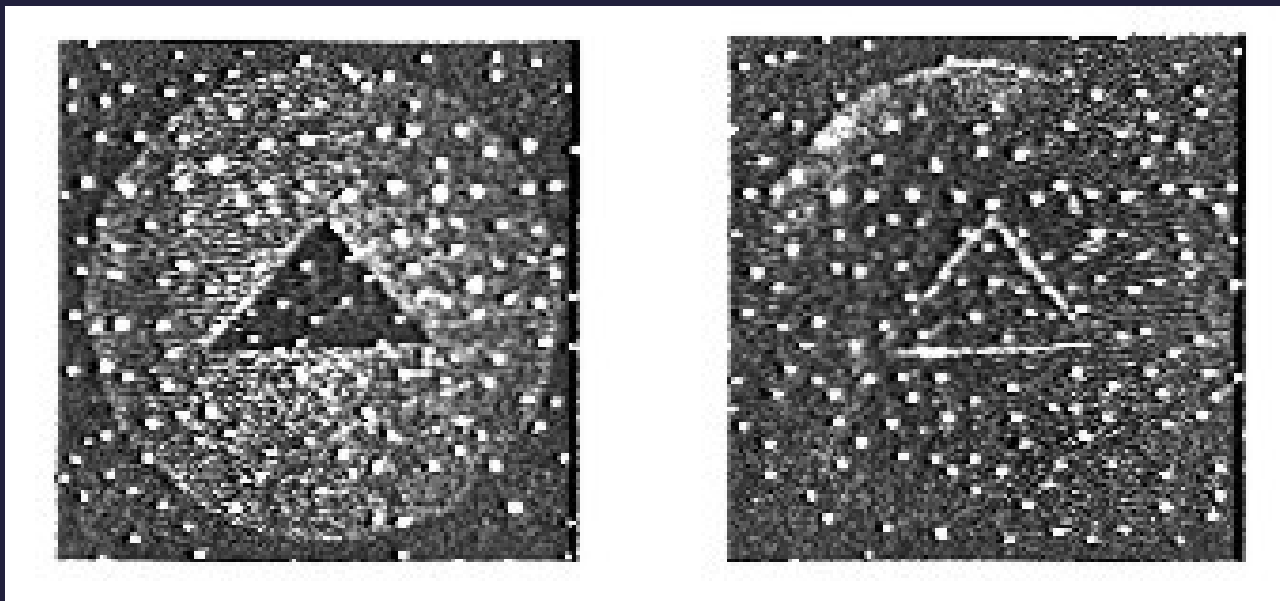
- Wstęp
- Mechanizmy zmiany współczynnika załamania
- Porównanie z urządzeniami optoelektronicznymi
- Optyczne ograniczenie
- **Wykrywanie krawędzi**
- Optyczna nieliniowość dla $1,55 \mu\text{m}$
- Podsumowanie

Urządzenie



- Całkowicie optyczne wykrywanie krawędzi
- Wykorzystanie optycznego ograniczenia
- Procesor 4f
- Duże natężenie częstości przestrzennych niskiego rzędu – wycięcie
- Małe natężenie częstości przestrzennych wysokiego rzędu – krawędzie – przepuszczenie

Przykład



- Wykorzystanie domieszkowania czerwienią metylową
- Podobnie dodawanie i odejmowanie obrazów

Plan prezentacji

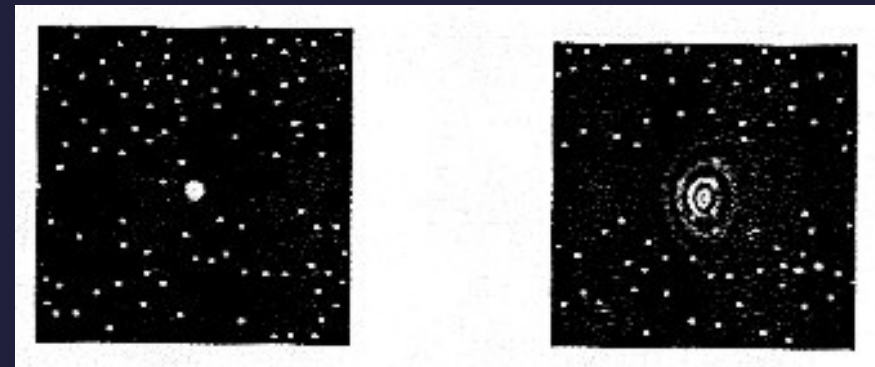
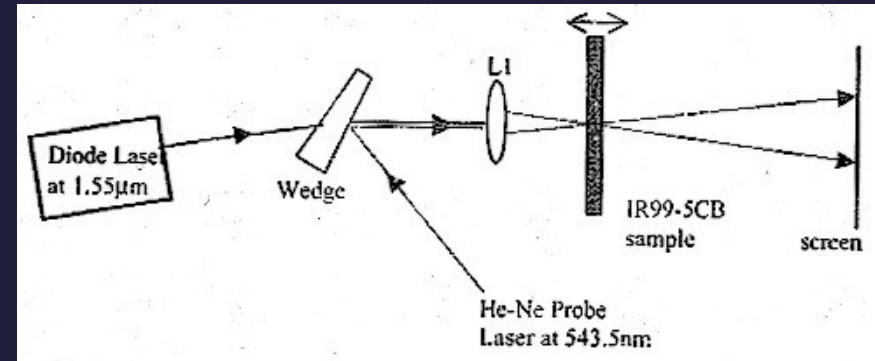
- Wstęp
- Mechanizmy zmiany współczynnika załamania
- Porównanie z urządzeniami optoelektronicznymi
- Optyczne ograniczenie
- Wykrywanie krawędzi
- **Optyczna nieliniowość dla 1,55 μm**
- Podsumowanie

Badania

- Szeroki zakres nieliniowości: UV – IR
- Badanie dla 1,55 μm
- Laser o mocy 7 mW
- Samo modulacja fazy
- Czytający laser He-Ne
- Wyniki podobne jak dla obszaru widzialnego

$$\Phi = 2\pi/\lambda \cdot \Delta n \cdot L$$

$$\Phi = N\pi$$



Materialy

Sample	Thickness [μm]	Dye concentration	Liquid crystal	Absorption coefficient at 1.55 μm [cm^{-1}]	Number of SPM rings observed
1	25	18% azobenzene (ALC)	E7	9.5	4
2a**	20	20% IR99 dye	5CB	4	11
2b**	20	pure	5CB	4	11
3	50	0.5% A118 dye	5CB	14.3	6
4	50	0.5% A156 dye	5CB	4.7	6
5	60	0.4% Epolite 125 dye	5CB	11	7
6	200	no dye (pure)	5CB	1	3

** Sample made with ITO coated windows.

Plan prezentacji

- Wstęp
- Mechanizmy zmiany współczynnika załamania
- Porównanie z urządzeniami optoelektronicznymi
- Optyczne ograniczenie
- Wykrywanie krawędzi
- Optyczna nieliniowość dla $1,55 \mu\text{m}$
- **Podsumowanie**

Podsumowanie

- Szeroki zakres nieliniowości dla NLCs domieszkowanych barwnikiem
- Efektywność zmian współczynnika załamania taka, jak w urządzeniach optoelektronicznych
- Wszechstronność zastosowań
- Zakres pracy tak samo dobry w IR jak i w Vis
- Niskie koszty
- Badania wspierane przez wojsko

Recent Studies of Optical Limiting, Image Processing and Near-Infrared Nonlinear Optics with Nematic Liquid Crystals

I. C. Khoo, J. Ding, A. Diaz, Y. Zhang, K. Chen

Dziękuję za uwagę!